



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pentanahan¹

Sistem pentanahan adalah sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan bumi/tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik, dan mengamankan komponen-komponen instalasi dari bahaya tegangan/ arus abnormal. Oleh karena itu, sistem pentanahan menjadi bagian esensial dari sistem tenaga listrik.

² Dalam sistem pentanahan semakin kecil nilai tahanan maka semakin baik, terutama untuk pengaman personil dan peralatan-peralatan listrik.

Tahanan tanah merupakan kunci utama yang menentukan tahanan elektroda dan pada kedalaman berapa pasak harus di pasang agar diperoleh tahanan yang rendah, semakin dalam elektroda dipasang resistansi pentanahan semakin rendah, hal ini disebabkan semakin dalam elektroda dipasang kelayakan kualitas secara elektrik semakin baik.

Elektroda yang dipakai untuk sistem pentanahan disyaratkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) 2000 adalah elektroda batang, elektroda pita dan elektroda plat.

³ Nilai resistansi jenis tanah sangat berbeda-beda bergantung pada jenis tanah. Resistansi pembumian elektroda bumi tergantung pada jenis dan keadaan tanah serta pada ukuran dan susunan elektroda.

Resistansi pembumian suatu elektroda harus dapat diukur. Untuk keperluan tersebut konduktor yang menghubungkan setiap elektroda bumi

¹ Piri Sumardjati, Dkk, *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 1*, Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 17 Agustus 2008, Hlm. 159.

² Erliza Yuniarti, Dedi Hermanto, Prima Ahmadi, "Penggunaan Gypsum Dan Magnesium Sulfat Sebagai Upaya Menurunkan Nilai Resistansi Pentanahan", *Jurnal Surya Energy*, Vol. 2 No. 1, 2017, Hlm. 141.

³ Ir. Jisman P. Hutajulu, MM, "Penjelasan PUIL 2011 (Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011)", Edisi 2014, Agustus 2014, Hlm. 189.



atau susunan elektroda bumi harus dilengkapi dengan hubungan yang dapat dilepas.

2.2 Tujuan Sistem Pentanahan⁴

secara umum, tujuan sistem pentanahan adalah:

1. Menjamin keselamatan orang dari sengatan listrik baik dalam keadaan normal atau tidak dari tegangan sentuh dan tegangan langkah.
2. Menjamin kerja peralatan listrik/elektronik.
3. Mencegah kerusakan peralatan listrik/elektronik.
4. Menyalurkan energi serangan petir ke tanah.
5. Menstabilkan tegangan dan memperkecil kemungkinan terjadinya flashover ketika terjadi transient.
6. Mengalihkan energi RF liar dari peralatan-peralatan seperti: audio, video, kontrol, dan komputer.

2.3 Komponen Sistem Pentanahan⁵

Komponen sistem pentanahan secara garis besar terdiri dari dua bagian, yaitu hantaran penghubung dan elektroda pentanahan.

2.3.1 Hantaran Penghubung

Hantaran penghubung adalah suatu saluran penghantar (*conductor*) yang menghubungkan titik kontak pada badan atau kerangka peralatan listrik dengan elektroda bumi. Fungsi hantaran penghubung adalah untuk menyalurkan arus gangguan ke elektroda pada sistem pentanahan. Penghantar yang digunakan dapat berupa penghantar yang berisolasi atau kabel dan juga penghantar yang tidak berisolasi seperti BC (*Bare Conductor*), ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*).

⁴ Piri Sumardjati, loc. cit.

⁵ Muhammad Sidik, Sabar Setiawidayat, Muhammad Mukhsim, "Pengaruh Sistem Pentanahan Terhadap Arus Gangguan Tanah Pada Sistem Distribusi 20 kV", Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro, Vol.4 No.2, Agustus 2020, Hlm. 140-41.



2.3.2 Elektroda Pentanahan

Elektroda pentanahan merupakan sebuah penghantar yang ditanam dalam bumi dan mempunyai kontak yang erat dengan bumi dan menyertai hubungan listrik dengan bumi. Elektroda pentanahan tertanam sedemikian rupa dalam tanah berupa elektroda pita, logam, batang konduktor, pipa air minum dari tulang besi beton pada tiang pancang. Pada umumnya elektroda - elektroda pentanahan ditanam sejajar satu sama lainnya untuk kedalaman beberapa puluh sentimeter didalam tanah. Beberapa macam elektroda pentanahan yang biasa dipakai seperti elektroda batang, elektroda pita, dan elektroda plat.

2.4 Jenis-Jenis Pentanahan⁶

Secara garis besar sistem pentanahan dapat dibedakan menjadi tiga yaitu sebagai berikut :

2.4.1 Pentanahan Sistem

Sistem dengan titik netra ditanahkan adalah suatu sistem yang titik netral dari sistem tersebut engaja dihubungkan ke tanah, baik melalui impedansi maupun secara langsung.

Adapun tujuan pentanahan titik netral sistem adalah sebagai berikut:

1. Menghilangkan gejala-gejala busur api pada suatu sistem.
2. Membatasi tegangan-tegngan pada fasa yang tidak terganggu (pada fasa yang sehat).
3. Meningkatkan keandalan (realibility) pelayanan dalam penyaluran tenaga listrik.
4. Mengurangi/membatasi tegangan lebih transient yang disebabkan oleh penyalaan bunga api yang berulang-ulang (restrikeground fault).
5. Memudahkan dalam menentukan sistem proteksi serta memudahkan dalam menentukan lokasi gangguan.

⁶ Agus Sugiharto, "Pentanahan Untuk Perlindungan Peralatan Dan Bangunan Gedung", Majalah Ilmiah Swara Patra, Vol. 9 No. 2, 2019, Hlm. 35-36.



2.4.2 Pentanahan Peralatan

Pentanahan peralatan sistem pentanahan netral pengaman (PNP) adalah tindakan pengaman dengan cara menghubungkan badan peralatan/instalasi yang di proteksi dengan hantaran netral yang ditanahkan sedemikian rupa sehingga apabila terjadi kegagalan isolasi tidak terjadi tegangan sentuh yang tinggi sampai bekerjanya alat pengaman arus lebih. Yang dimaksud bagian dari peralatan ini adalah bagian-bagian mesin yang secara normal tidak dilalui arus listrik namun dalam kondisi abnormal dimungkinkan dilalui arus listrik. Pentanahan peralatan bertujuan :

1. Untuk membatasi tegangan antara bagian-bagian peralatan yang tidak dilalui arus dan antara bagian-bagian ini dengan tanah sampai pada suatu harga yg aman untuk semua kondisi operasi normal atau tidak normal.
2. Untuk memperoleh impedansi yg kecil/rendah dari jalan bali arus huug singkat ke tanah.

2.4.3 Pentanahan Penangkal Petir

Untuk menghindari timbulnya kecelakaan atau kerugian akibat sambaran petir, maka diadakan usaha pemasangan instalasi penangkal petir pada bangunan akibat sambaran petir ini akan mengakibatkan ke langsung objek tersambar.

Dengan adanya instalasi penangkal petir, maka diharapkan sambaran petir dapat dikendalikan melalui instalasi penangkal petir yang diteruskan ke bumi tanpa merusak benda disekitarnya.

2.5 Elektroda Pentanahan⁷

Elektroda bumi ialah penghantar yang ditanam dalam bumi dan membuat kontak langsung dengan bumi.

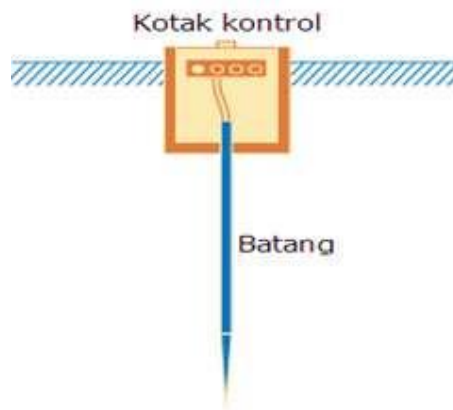
Pada umumnya elektroda pentanahan yang sering digunakan ada 3 jenis, yaitu sebagai berikut:

2.5.1 Elektroda Batang⁸

⁷ Badan Standardisasi Nasional (BSI), "*Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*", Standar Nasional Indonesia, Jakarta : Desember 2000, Hlm. 80.



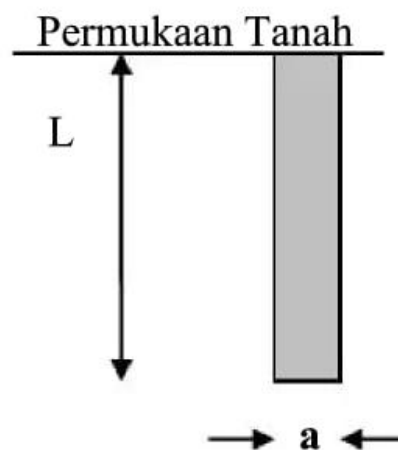
Elektroda batang adalah elektroda dari pipa besi baja profil atau batangan logam lainnya yang dipancangkan ke dalam tanah secara dalam.



Gambar 2.1 Elektroda Batang

1. Satu Batang Elektroda

Pada gambar 2.2 menunjukkan satu batang elektroda atau elektroda tunggal berbentuk silinder dengan panjang L yang di tanam tegak lurus permukaan tanah, dengan bayangan di atas permukaan tanah. Elektroda tersebut ditanam dengan berbagai jenis kedalaman.



Gambar 2.2 Satu Batang Elektroda

⁸ INA Seputra, IWA Wijaya, IGN Janardana, "Pengaruh Potensial Hidrogen (pH) Tanah Terhadap Tahanan Jenis Tanah Untuk Mendapatkan Bentuk Sistem Pembumian", Jurnal SPEKTRUM, Vol. 6 No. 4, Desember 2019, Hlm. 30.

Rumus (1) merupakan tahanan pentanahan elektroda batang tunggal atau elektroda tunggal :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \left(\frac{4L}{\alpha} \right) - 1 \right) \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

R = Tahanan pentanahan untuk elektroda batang (ohm)

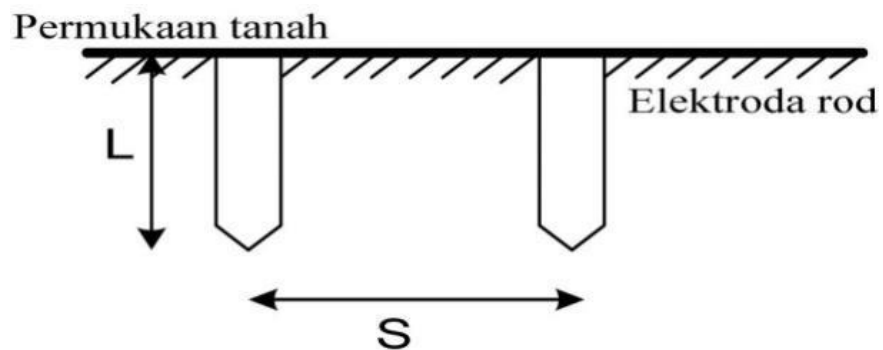
ρ = Tahanan jenis tanah (ohm.meter)

L = Panjang elektroda (meter)

α = Jari-jari elektroda (meter)

2. Dua Batang Elektroda

Pada Gambar 2.3 dapat dilihat bahwa kedua batang elektroda atau elektroda ganda yang berbentuk silinder dengan panjang L yang ditanam tegak lurus permukaan tanah dan dihubungkan di atas tanah dengan jarak S diantara dua batang elektroda tersebut.



Gambar 2.3 Dua Batang Elektroda

Rumus (2) dan (3) merupakan tahanan pentanahan dua batang elektroda atau elektroda ganda adalah sebagai berikut :

- Untuk $S > L$, yaitu :

$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \left(\frac{4L}{\alpha} \right) - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi S} \left(1 - \frac{L^2}{3S^2} + \frac{2L^4}{5S^4} \right) \dots\dots\dots(2)$$

- Untuk $S < L$, yaitu :

$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \left(\frac{4L}{\alpha} \right) + \ln \left(\frac{4L}{S} \right) - 2 + \frac{S}{2L} - \frac{S^2}{16L^2} + \frac{S^4}{512L^4} \right) \dots\dots\dots(3)$$



Dimana:

R = Tahanan pentanahan untuk elektroda batang (ohm)

ρ = Tahanan jenis tanah (ohm.meter)

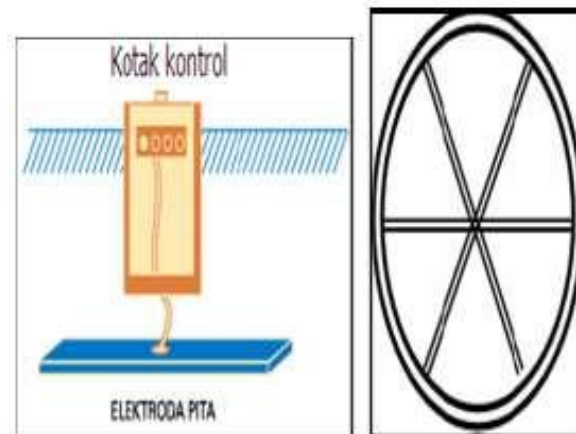
L = Panjang elektroda (meter)

α = Jari-jari elektroda (meter)

S = Jarak antara dua batang elektroda (meter)

2.5.2 Elektroda Pita⁹

Elektroda ini berupa pita atau kawat berpenampang bulat yang ditanam di dalam tanah umumnya penanamannya tidak terlalu dalam (0,5 - 1 meter).



Gambar 2.4 Elektroda Pita

Rumus (4) merupakan rumus tahanan pentanahan untuk elektroda pita adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{\rho}{\pi L} \left(\ln \left(\frac{2L}{d} \right) \right) \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

R = Tahanan pentanahan elektroda pita (ohm)

ρ = Tahanan jenis tanah (ohm.meter)

L = Panjang elektroda pelat (meter)

d = kedalaman plat tertanam dari permukaan tanah (meter)

⁹ Mirwan Mukmin, Agustinus Kali, Baso Mukhlis, "Perbandingan Nilai Tahanan Pentanahan Pada Area Reklamasi Pantai (Citraland)", Jurnal MEKTRIK, Vol. 1 No. 1, September 2014, Hlm. 31.



2.5.3 Elektroda Plat

Elektroda plat adalah elektroda dari plat logam. Cara pemasangannya adalah tegak lurus dengan kedalaman kira-kira 1 meter di bawah permukaan tanah dihitung dari sisi plat sebelah atas.



Gambar 2.5 Elektroda Plat

Rumus (5) merupakan tahanan pentanahan untuk elektroda bentuk plat sebagai berikut :

$$R = \frac{\rho}{4,1L} \left(1 + 1,84 \frac{b}{t} \right) \dots \dots \dots (5)$$

Dimana:

R =Tahanan pentanahan elektrodapelat (ohm)

ρ =Tahanan jenis tanah (ohm.meter)

L =Panjang elektroda pelat (meter)

b =Lebar pelat (meter)

t =kedalaman plat tertanam dari permukaan tanah (meter)

2.6 Bahan Dan Ukuran Elektroda¹⁰

Sebagai bahan elektroda digunakan tembaga, atau baja yang digalvanisasi atau dilapisi tembaga sepanjang kondisi setempat tidak mengharuskan memakai bahan lain (misalnya pada perusahaan kimia).

¹⁰ Badan Standardisasi Nasional (BSI), op. cit., Hlm. 81-82.



Tabel 2.1 Bahan Dan Ukuran Elektroda

		1	2	3
N o	Bahan jenis elektroda	Baja galvanisasi dengan proses pemanasan	Baja berlapis tembaga	Tembaga
1	Elektroda pita	- Pita baja 100 mm ² setebal minimum 3 mm - Penghantar pilin 95 mm ² (bukan kawat halus)	50 mm ²	- Pita tembaga 50 mm ² tebal minimum 2 mm - Penghantar pilin 35 mm ² (bukan kawat halus)
2	Elektroda batang	- Pipa baja 25 mm - Baja profil (mm) L 65 x 65 x 7 U 6,5 T 6 x 50 x 3 - Batang profil lain yang setaraf	Baja berdiameter 15 mm dilapisi tembaga setebal 250 μm	
3	Elektroda plat	Pelat besi tebal 3 mm luas 0,5 m ² sampai 1 m ²		Pelat tembaga tebal 2 mm luas 0,5 m ² sampai 1 m ²

2.7 Faktor Yang Mempengaruhi Tahanan Pentanahan¹¹

¹¹ Prih Sumardjati, op. cit., Hlm. 167.



Faktor-faktor yang mempengaruhi besar tahanan pentanahan adalah sebagai berikut :

2.7.1 Bentuk Elektroda

Ada bermacam-macam bentuk elektroda yang banyak digunakan, seperti jenis batang, pita dan pelat.

2.7.2 Jenis Bahan Dan Ukuran Elektroda

Sebagai konsekuensi peletakannya di dalam tanah, maka elektroda dipilih dari bahan-bahan tertentu yang memiliki konduktivitas sangat baik dan tahan terhadap sifat-sifat yang merusak dari tanah, seperti korosi. Ukuran elektroda dipilih yang mempunyai kontak paling efektif dengan tanah.

2.7.3 Jumlah/Konfigurasi Elektroda

Untuk mendapatkan tahanan pentanahan yang dikehendaki dan bila tidak cukup dengan satu elektroda, bisa digunakan lebih banyak elektroda dengan bermacam-macam konfigurasi pemancangannya di dalam tanah.

2.7.4 Kedalaman Pemancangan/ Penanaman Di Dalam Tanah

Pemancangan ini tergantung dari jenis dan sifat-sifat tanah. Ada yang lebih efektif ditanam secara dalam, namun ada pula yang cukup ditanam secara dangkal.

2.8 Faktor Alam Yang Mempengaruhi Tahanan Pentanahan¹²

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi tahanan jenis tanah antara lain :

2.8.1 Komposisi Zat Kimia Tanah

Komposisi zat kimia yang ada di dalam tanah dengan lapisan tanah yang berbeda-beda (*uniform*) sehingga resistans jenis tanah (ρ) berbeda.

2.8.2 Temperatur Tanah

¹² Bangun Krishna, T. Haryono, Bambang Sugiyantoro, "Perbaikan Sistem Pentanahan Pada Gedung Listrik Politeknik Negeri Semarang", Jurnal Teknik Elektro Terapan, Vol. 5 No. 1, 1 April 2016, Hlm. 33.



Temperatur pada permukaan tanah atau pada lapisan atas akibat perubahan iklim biasanya berubah-ubah dibandingkan dengan temperatur tanah yang lebih dalam yang relatif lebih stabil, sehingga nilai tahanan jenisnya akan berbeda pula.

2.8.3 Kandungan Air Tanah

Kandungan air dalam tanah dapat mempengaruhi perubahan resistans jenis tanah (ρ) terutama air tanah sampai dengan 20%. Pada sistem pengetanahan yang tidak mungkin untuk ditanam lebih dalam lagi sehingga tidak mencapai air tanah yang konstan, maka nilai tahanan jenis tanah sangat besar.

2.8.4 Kelembaban Tanah

Kadangkala pada penanaman elektroda memungkinkan kelembaban dan temperatur bervariasi, untuk hal seperti ini harga tahanan jenis tanah harus diambil dari keadaan yang paling buruk, yaitu tanah kering dan dingin.

Semakin lembab maka kadar air pada lapisan tanah tersebut semakin tinggi dan tahanan jenisnya akan semakin rendah.

2.8.5 Sifat Geologi Tanah

Sifat geologi tanah yang merupakan faktor utama dalam menentukan nilai resistans tanah (ρ).

¹³Nilai resistansi jenis tanah sangat berbeda-beda bergantung pada jenis tanah seperti ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Resistansi Jenis Tanah

1	2	3	4	5	6	7
Jenis tanah	Tanah rawa	Tanah liat & tanah ladang	Pasir basah	Kerikil basah	Pasir dan kerikil kering	Tanah berbatu
Resistansi tanah (Ω -m)	30	100	200	500	1000	3000

¹³ Badan Standardisasi Nasional (BSI), loc. cit.



2.8.6 Potensial Hidrogen (pH) Tanah¹⁴

Tingkat keasaman atau potensial hidrogen (pH) tanah merupakan kondisi keterikatan antar unsur atau senyawa yang terdapat di dalam tanah, nilai pH tanah terdiri dari asam, netral dan alkalis. Nilai pH yang netral akan mempengaruhi tingkat penyerapan unsur hara, karena pada pH netral tersebut kebanyakan unsur hara mudah larut di dalam larutan tanah. Suatu benda dikatakan bersifat asam jika angka skala pH kurang dari 7 dan disebut basa jika skala pH lebih dari 7.

Pengaruh pH tanah terhadap tahanan jenis tanah berbanding terbalik, semakin besar kadar keasaman (pH) tanah maka tahanan jenis yang dihasilkan akan semakin kecil sehingga baik dalam mengalirkan muatan listrik.

¹⁴ INA Seputra, IWA Wijaya, IGN Janardana, loc. cit.